

Evaluation des modèles climatiques régionaux WRF et MAR sur le Svalbard

Charlotte Lang^{1,2}, Xavier Fettweis¹, Michel Erpicum¹

¹Laboratoire de Climatologie et Topoclimatologie, Université de Liège, Belgique

²Fonds pour la formation à la Recherche dans l'Industrie et dans l'Agriculture, FRIA, Bruxelles, Belgique

Contact: Charlotte.Lang@doct.ulg.ac.be



Laboratoire de
Climatologie et
Topoclimatologie

fnrs
LA LIBERTÉ DE CHERCHER

Université
de Liège

Association
Internationale
de Climatologie

GRENoble - 2012

Abstract: Il est bien connu que les zones de hautes latitudes sont très sensibles aux changements climatiques. A cause du réchauffement global, la fonte des calottes a augmenté, ce qui a son tour a une influence sur le climat via des modifications de la circulation thermohaline, la rétroaction de l'albédo de la glace, l'augmentation du niveau des mers... Nous avons comparé le climat du Svalbard modélisé par deux modèles régionaux (MAR et WRF) à une résolution de 10 km sur la période 2000-2010 à des mesures provenant de plusieurs stations météorologiques localisées dans différentes régions de l'archipel afin d'évaluer lequel de ces modèles pouvait représenter au mieux le climat du Svalbard.

1. Contexte

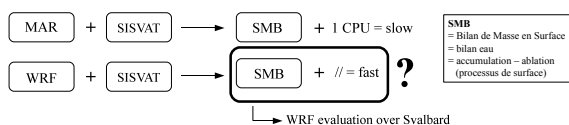
Modèles

Modèle	Options hydrostatiques	Parallélisé	Module neige
MAR Modèle Atmosphérique Régional	Hydrostatique	Coming soon	Oui*
WRF Weather Research Forecasting	Hydrostatique	Oui	Non
	Non-hydrostatique		

Simulations

- 10 km résolution, 2000-2010
- Forçages: réanalyses ERA-Interim (ECMWF)
- MAR(Gallée et Schayes, 1994) et WRF (Skamarock et al., 2008), version par défaut et polaire (Byrd Polar Research Center, Ohio State University, Hines et Bromwich, 2008)

* SISVAT = Soil Ice Snow Vegetation Atmosphere Transfer = modèle de surface



2. Validation

Afin de valider nos modèles, nous avons comparé leurs résultats à des mesures journalières (température et vitesse du vent en surface, précipitations) venant de stations météorologiques montrées sur la figure 1 et listées dans le tableau 1.

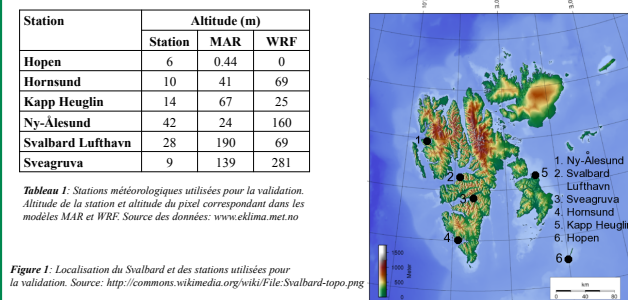
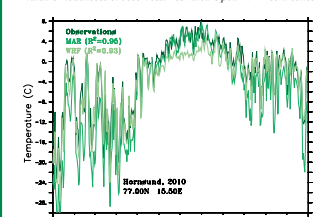


Tableau 1: Stations météorologiques utilisées pour la validation. Altitude de la station et altitude du pixel correspondant dans les modèles MAR et WRF. Source des données: www.eklima.mil.no

2.1 Température moyenne annuelle

Station	Tobs (°C)	Tmod (°C)		R ²		RMSE (°C)		Biais (°C)	
		MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D
Hopen	-3.61	-6.22	-4.11	0.92	0.94	3.91	1.97	-2.61	-0.50
Hornsund	-2.45	-6.32	-4.22	0.92	0.91	5.02	2.51	-3.87	-1.77
Kapp Heuglin	-6.82	-10.57	-6.93	0.89	0.92	5.05	2.32	-3.76	-0.11
Ny-Ålesund	-4.21	-7.42	-6.93	0.93	0.90	4.10	3.71	-3.22	-2.72
Svalbard L	-3.79	-8.87	-6.54	0.94	0.91	5.69	3.92	-5.08	-2.75
Sveagruva	-5.52	-9.65	-8.29	0.91	0.87	5.24	4.55	-4.13	-2.77

Tableau 2: Validation de la température. Tobs est la température moyenne annuelle observée. Tmod est la température moyenne annuelle modélisée. R² est le coefficient de détermination entre les mesures et les résultats des modèles. RMSE est l'erreur quadratique moyenne des valeurs modélisées par rapport aux valeurs mesurées. Le biais est la différence entre les valeurs modélisées et observées. Les valeurs pour WRF sont celles de la version par défaut.



Les deux modèles représentent très bien la variabilité journalière de la température (R² > 0.9) et sont tous les deux plus froids que les observations. Si on considère un gradient adiabatique humide afin de corriger les biais d'altitude, le biais de température vont de -2.7 à -4° pour le MAR et de 0 à -1.15° pour WRF.

Figure 2: Evolution de la température moyenne journalière mesurée à Hornsund pour l'année 2010 (vert foncé) et température modélisée par le MAR (vert moyen) et WRF (vert clair) pour le pixel correspondant.

2.2 Température moyenne estivale

Station	Tobs (°C)	Tmod (°C)		R ²		RMSE (°C)		Biais (°C)	
		MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D
Hopen	2.66	2.42	1.36	0.60	0.64	1.42	1.89	-0.24	-1.30
Hornsund	3.73	3.08	0.79	0.42	0.35	1.67	3.24	-0.65	-2.94
Kapp Heuglin	1.52	1.24	0.62	0.56	0.52	1.53	1.79	-0.28	-0.89
Ny-Ålesund	4.46	2.90	-0.30	0.57	0.53	2.41	5.04	-1.56	-4.76
Svalbard L	5.70	2.69	0.52	0.71	0.49	3.42	5.46	-3.01	-5.17
Sveagruva	4.81	2.78	-1.03	0.55	0.45	2.79	6.13	-2.03	-5.84

Tableau 3: Validation de la température. Idem que le tableau 2. Les valeurs sont prises de juin à août.

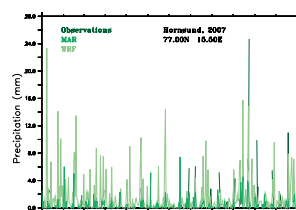
La température estivale modélisée (qui a une plus grande influence sur le SMB que la température annuelle) est moins bien corrélée aux observations pour les deux modèles et le MAR est légèrement meilleur que WRF. Le biais négatif est réduit dans le cas du MAR alors qu'il augmente pour WRF. L'impact du biais négatif de température sur le SMB modélisé sera donc plus modéré pour le MAR.

En hiver, le biais du MAR est encore plus négatif tandis qu'il devient positif pour WRF. Le plus petit biais annuel de WRF vient donc du fait que les biais saisonniers de température se « compensent » mieux que pour le MAR.

2.3 Précipitations

Station	Pobs (mm)	Pmod (mm)		R ²		Mod/Obs (%)	
		MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D
Hopen	282	186	331	0.08	0.06	66	118
Hornsund	221	88	246	0.02	0.00	40	111
Ny-Ålesund	383	120	243	0.03	0.07	31	63
Svalbard L	160	171	339	0.04	0.01	107	212

Tableau 4: Validation des précipitations. Mod/Obs est le rapport entre les précipitations modélisées et observées, en pourcents.



Aucun des deux modèles n'est capable de représenter la variabilité journalière des précipitations. Dans le cas du MAR, les précipitations totales annuelles modélisées sont inférieures aux précipitations mesurées pour la plupart des stations. Ce phénomène est aussi observé sur le Groenland (Fettweis, 2011). Au contraire, WRF surestime les précipitations, parfois jusqu'à 2 fois leur valeur réelle. Cette surestimation a également été observée sur le Groenland (Sacré, 2011).

Figure 3: Evolution journalière des précipitations mesurées à Hornsund pour l'année 2007 (vert foncé) et précipitations modélisées par le MAR (vert moyen) et WRF (vert clair) pour le pixel correspondant.

2.4 Vitesse du vent

Station	Wobs (m/s)	Wmod (m/s)		R ²		RMSE (m/s)		Biais (m/s)	
		MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D	MAR	WRF _D
Hopen	5.68	4.93	7.07	0.59	0.62	1.95	2.40	-0.75	1.39
Hornsund	5.81	5.73	8.06	0.69	0.69	1.99	3.25	-0.08	2.25
Kapp Heuglin	5.54	4.46	5.24	0.50	0.54	2.58	2.24	-1.08	-0.31
Ny-Ålesund	3.93	4.37	6.69	0.40	0.51	2.43	3.81	0.44	2.76
Svalbard L	4.96	5.04	5.65	0.43	0.34	2.49	2.53	0.07	0.69
Sveagruva	5.20	4.37	7.17	0.59	0.60	2.15	3.17	-0.82	1.98

Tableau 5: Validation de la vitesse du vent. Idem que le tableau 2.

3. Température et précipitations modélisées

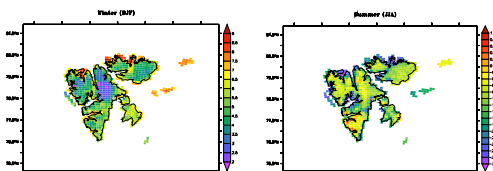


Figure 4: Différence moyenne (2000-2010) de température moyenne hivernale (DJF, gauche) et estivale (JJA, droite) entre WRF et le MAR, interpolées sur la grille du MAR.

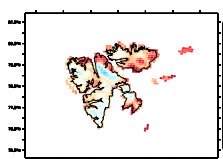


Figure 5: Différence moyenne (2000-2010) des précipitations totales annuelles entre WRF et le MAR, interpolées sur la grille du MAR.

WRF modélise en général plus de précipitations que le MAR, excepté aux hautes altitudes (NO, NW et S de l'île de Spitzberg).

Conclusion

Les deux modèles représentent très bien la variabilité de la température journalière, la corrélation étant un peu moins bonne en été qu'en hiver dans les deux cas. WRF et le MAR sont également plus froids que les observations mais, alors que le biais négatif diminue en été pour le MAR, il augmente pour WRF.

Aucun des deux modèles n'arrive à représenter correctement la quantité de précipitations, WRF les surestime et le MAR les sous-estime.

Les résultats obtenus avec la version par défaut de WRF sont très légèrement moins bons que ceux obtenus avec la version polaire mais le temps de calcul pour cette dernière est presque doublé par rapport à la première.

Les performances de WRF nous semblent suffisamment bonnes pour envisager le couplage avec le module SISVAT du MAR.

Références

- [1] Fettweis X., Tedesco M., van den Broeke M., Ettema J., 2011 : *Melting trends over the Greenland ice sheet (1958-2009) from spaceborne microwave data and regional climate models*, The Cryosphere, **5**, 359-375
- [2] Gallée H., Schayes G., 1994 : *Development of a three-dimensional meso-γ primitive equation model: katabatic winds simulation in the area of Terra Nova Bay, Antarctica*, Monthly Weather Review, **122**, 671-685
- [3] Hines K.M., Bromwich D.H., 2008: *Development and Testing of Polar Weather Research and Forecasting (WRF) Model. Part I: Greenland Ice Sheet Meteorology*, Monthly Weather Review, **136**, 1971-1989
- [4] Sacré B., 2011 : *Evaluation du modèle régional du climat WRF au Groenland*, Master degree thesis, University of Liège
- [5] Skamarock W.C., Klemp J.B., Dudhia J., Gill D.O., Barker D.M., Duda M.G., Huang X., Wang W., Powers J.G. 2005. *A description of the advanced research WRF version 3*. NCAR Technical Note.